

SISMO-HAÏTÍ



**Projet de coopération pour le calcul
de l'aléa et le risque sismique en Haïti**

UPM-ONEV

Port-au-Prince, 23 Novembre 2012



PROJET DE COOPERATION FINANCÉ PAR L'UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE MADRID (UPM)



COÛT: 40.000 euros

LEADERSHIP: UPM, ESPAGNE.



(Belén Benito)

CONTREPARTIE: ONEV-MDE, HAÏTI



(Dwinell Belizaire)

Participants :

Universitat d'Alicante



Universitat de Almería



Universitat de Kanagawa (Japan)



Universitat Complutense de Madrid



Centre Superieur de Recherches Scientifiques (CSIC)



Service seismologique de Rep. Dominicana

Service seismologique de Puerto Rico



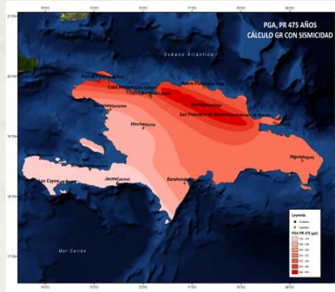
Objectifs Généraux

- 1 Estimer l'aléa sismique dans l'île Hispaniola pour l'implémentation d'une norme de conception parasismique en Haiti
- 2 Étudier le risque sismique à Port-au-Prince pour la définition des plans de contingence



Objectifs Spécifiques

Échelle régionale

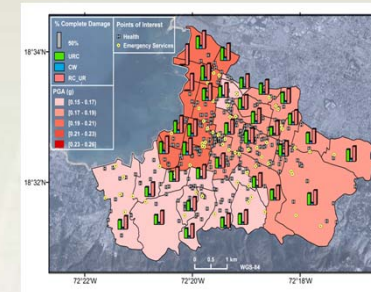


•Evaluation de l'aléa sismique dans l'île Hispaniola

- ✓ Analyse de la tectonique active
- ✓ Confection d'un catalogue sismique
- ✓ Définition des zones sismogénétiques

•Proposition de critères de conception parasismique.

Échelle locale



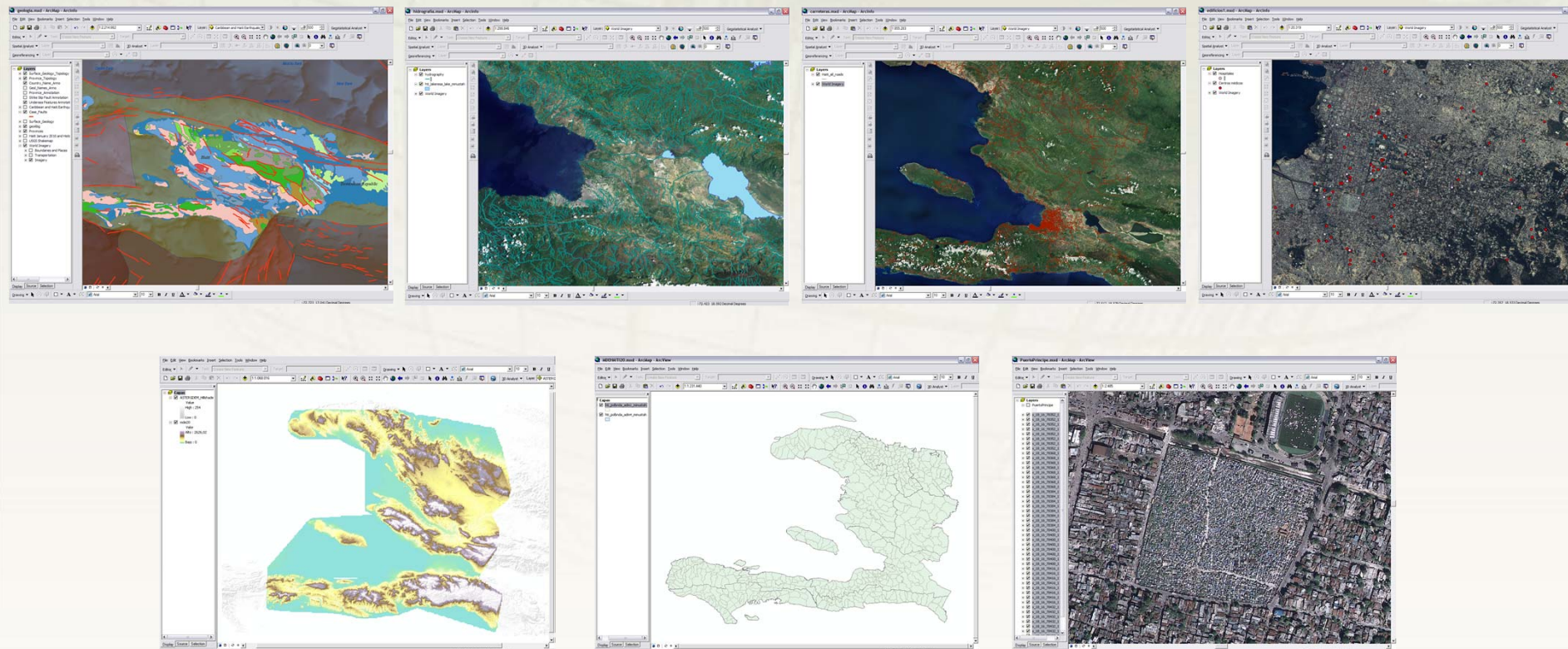
•Estimation du risque sismique de Port-au-Prince.

- ✓ Évaluation de l'effet local et élaboration de cartes de microzonage
- ✓ Étude de vulnérabilité sismique
- ✓ Estimation des dommages, pour séismes futurs probables

Formation de Cadres

Outil pour la gestion du projet: SIG

BD (Base de Données) avec toute l'information géo-referenciée et organisée.



Sources: USGS, ONU, NASA, OpenStreetMap, GeoEye...
Software: ArcGis y GvSIG

Antécédents

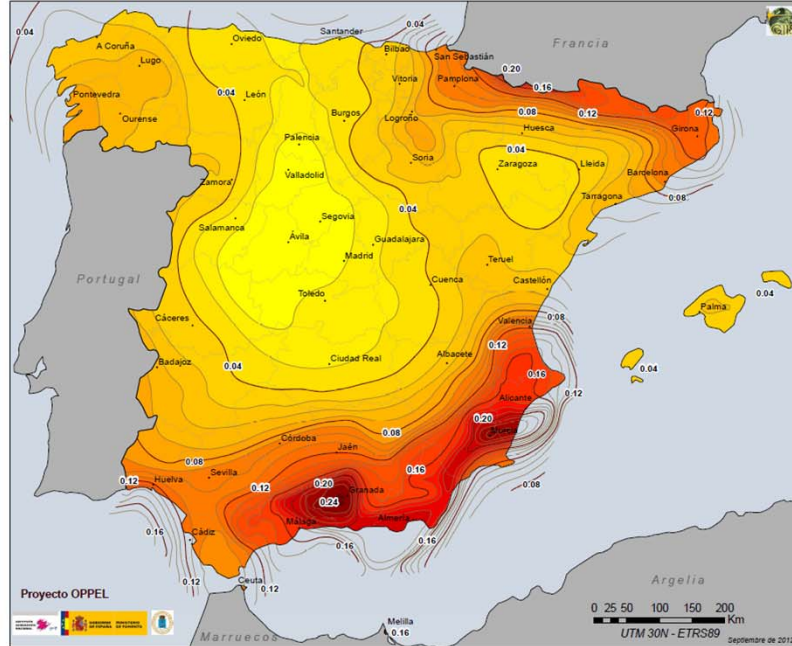
Contat engagé par l'ONEV avec le Groupe de recherche de l'UPM
au Congrès de Risque Sismique, (coopération Espagne, Japan,
Mexico) Février 2010, Cuernavaca, Mexico

Expérience du Groupe en :

- Aléa sismique avec orientation aux codes parasismiques
- Microzonage
- Risque sismique

Antécédents

Mapa de Peligrosidad Sísmica de España. Valores de PGA en (g). Periodo de Retorno de 500 años



Aléa pour la
révision du code
parasismique
d'Espagne

Aléa sismique de
l'Amérique Centrale

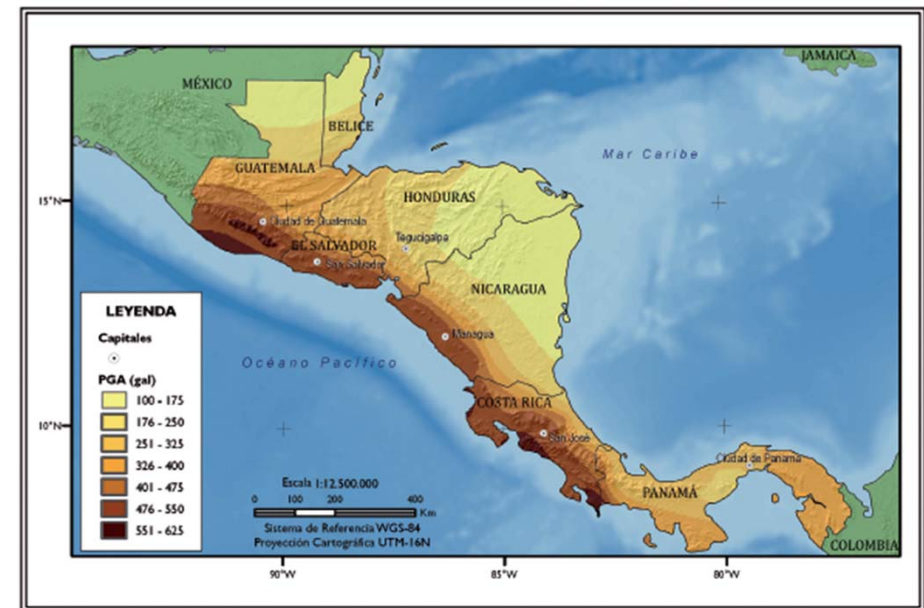


Figura 5.1. Mapa de amenaza sísmica en términos de PGA (gal) para PR = 500 años

Partie I: Aléa sismique

Mouvement eséré dans les prochains 50 ans



Base d'une norme parasismique en Haïti



Antécédents

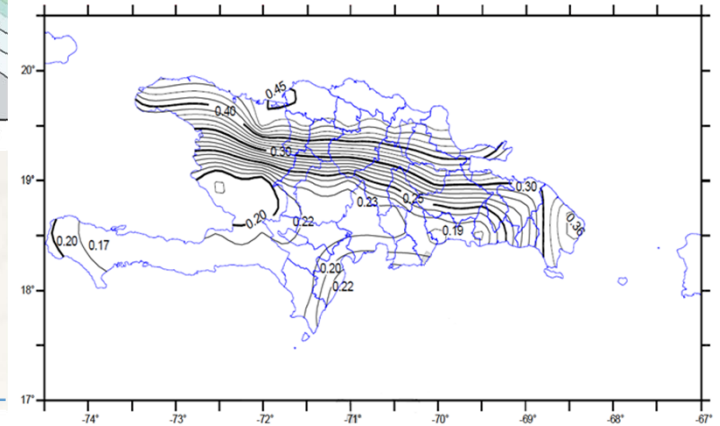
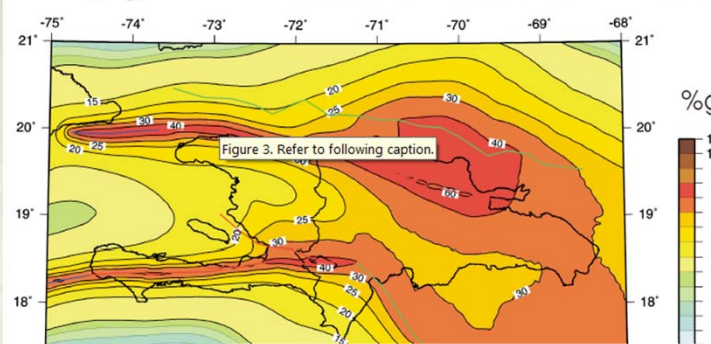


Documentation for Initial Seismic Hazard Maps for Haiti

By Arthur Frankel, Stephen Harmsen, Charles Mueller, Eric Calais, and Jennifer Haase

In response to the urgent need for earthquake-hazard information after the tragic disaster caused by the moment magnitude (M) 7.0 January 12, 2010, earthquake, we have constructed initial probabilistic seismic hazard maps for Haiti. These maps are based on the current information we have on fault slip rates and historical and instrumental seismicity. These initial maps will be revised and improved as more data become available. In the short term, more extensive logic trees will be

PGA (%g) with 10% Probability of Exceedance in 50 Years



Seismic Hazard Maps for Haiti

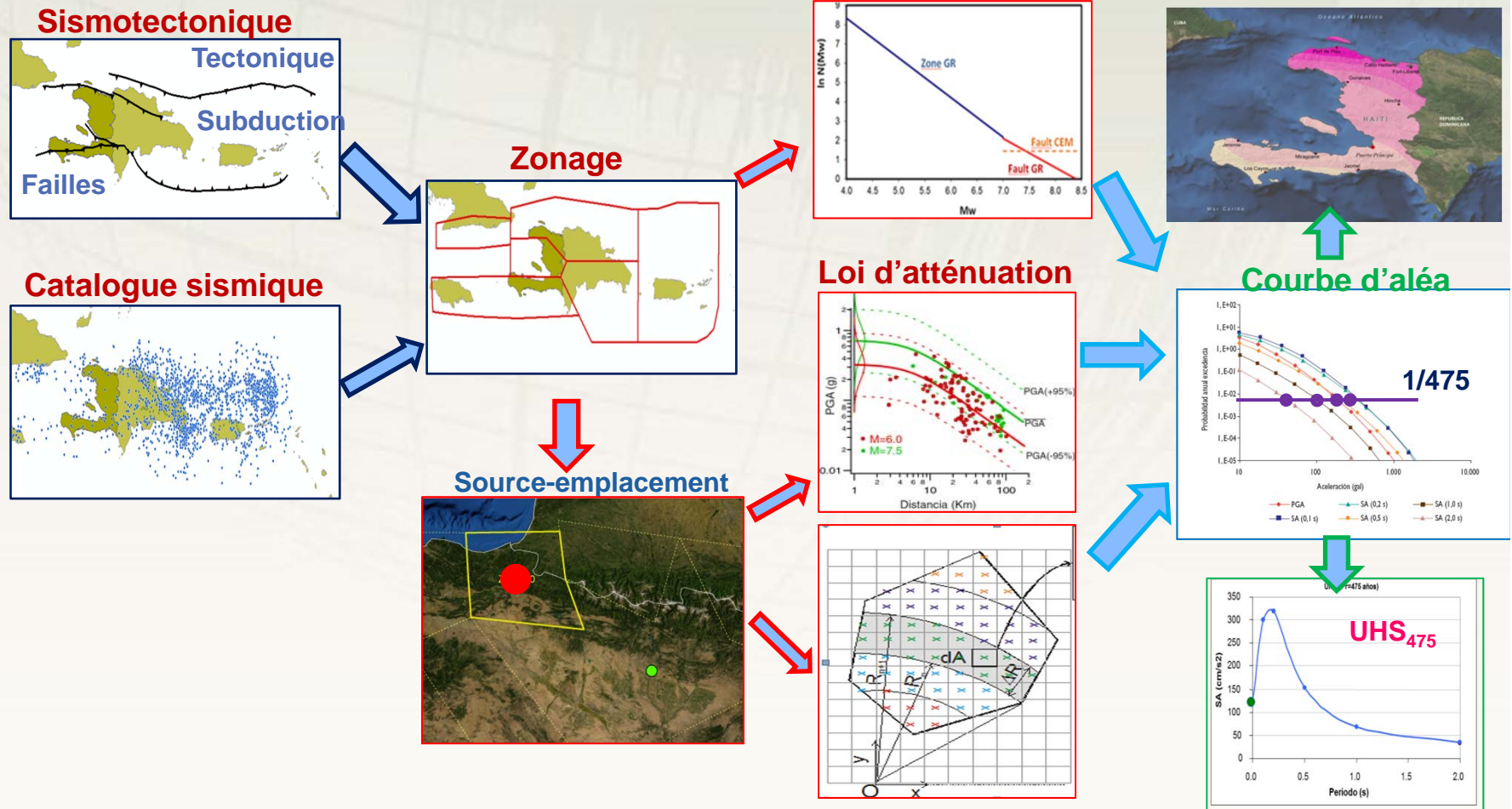
Arthur Frankel,^{a)} M.EERI, Stephen Harmsen,^{b)} Charles Mueller,^{b)}
Eric Calais,^{c)} and Jennifer Haase^{c)} M.EERI

Earthquake Spectra, Volume 27, No. S1, pages S23–S41, October 2011; © 2011, Earthquake Engineering Research Institute

Seismic hazard maps for Haiti are a prerequisite for establishing scientifically defensible building codes for use in the rebuilding process from the 12 January 2010 M7.0 earthquake.

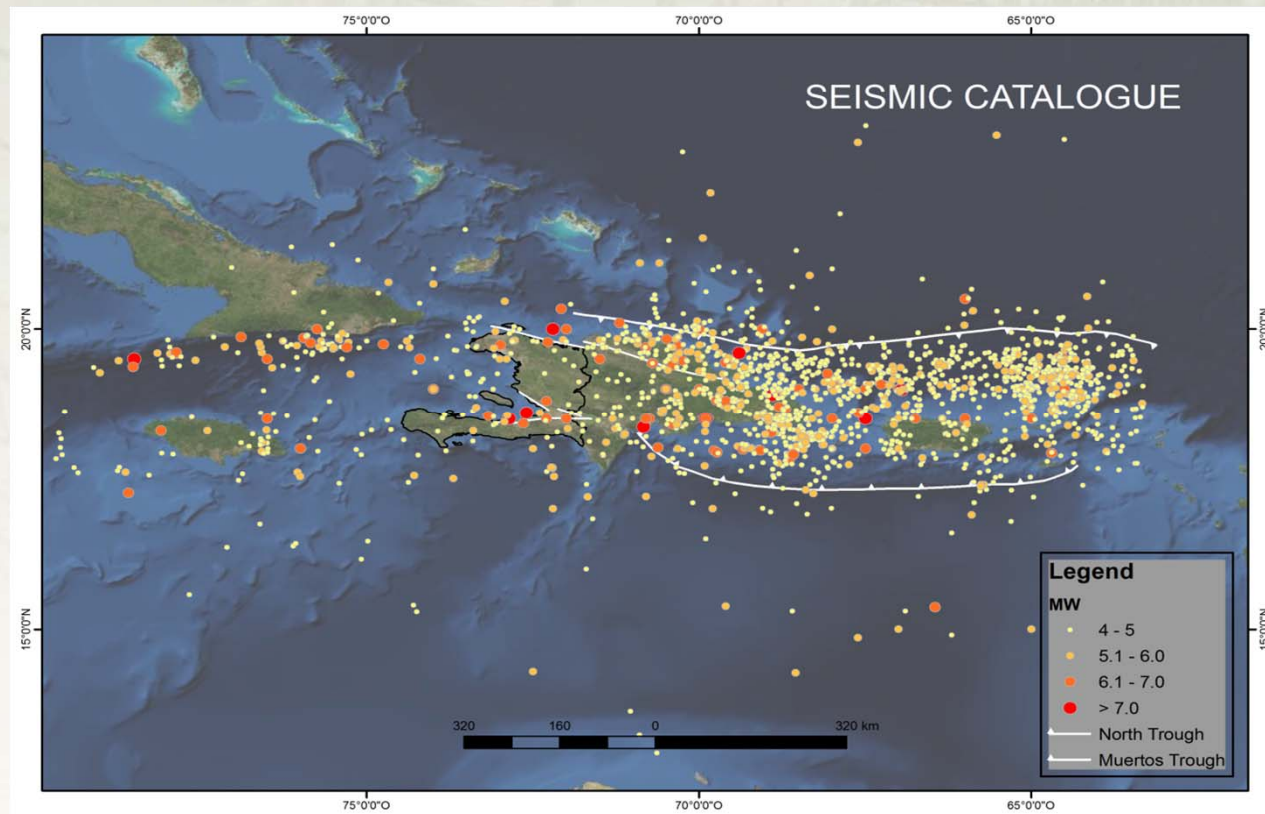
CADRE THÉORIQUE

Méthodologie de calcul selon l'état actuel de l'art : PSHA



$$\lambda(y > Y) = \sum_{i=1}^N \lambda_i(y > Y) = \sum_{i=1}^N v_i \iiint P_i[y > Y | m, r, \varepsilon] f_{M_i}(m) f_{R_i}(r) f_{\varepsilon_i}(\varepsilon) dm dr d\varepsilon$$

1. CONFECTION D'UN CATALOGUE SISMIQUE



Sources



Natural Resources
Canada



NOAA NATIONAL GEOPHYSICAL
DATA CENTER
NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION

Historique: 96 séismes observés jusqu'à 1960 avec Mw entre [4.0 – 8.3]

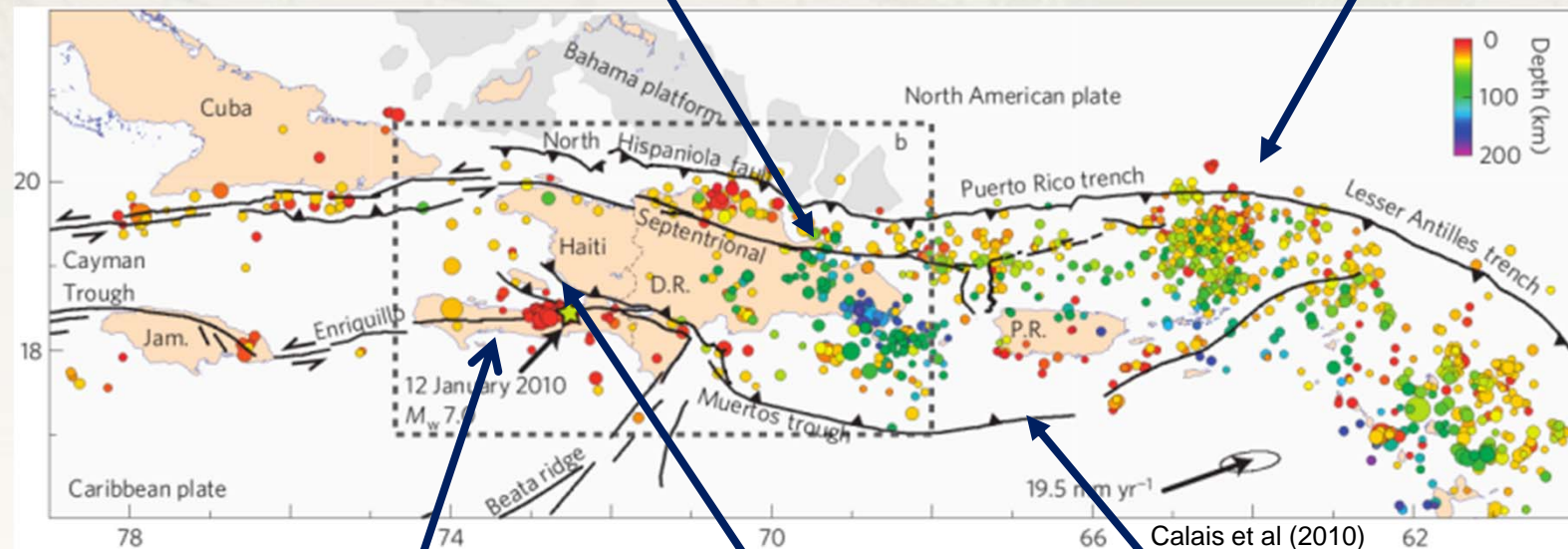
Instrumental: 1701 événements enregistrés jusqu'à 2011 avec Mw entre [4.0 - 7.0]

2. ANALYSE DE LA TECTONIQUE ACTIVE

Carte sismotectonique

Nord: Faille septentrionale 12 mm/an

Zone de
subduction La
Hispaniola et
Puerto Rico



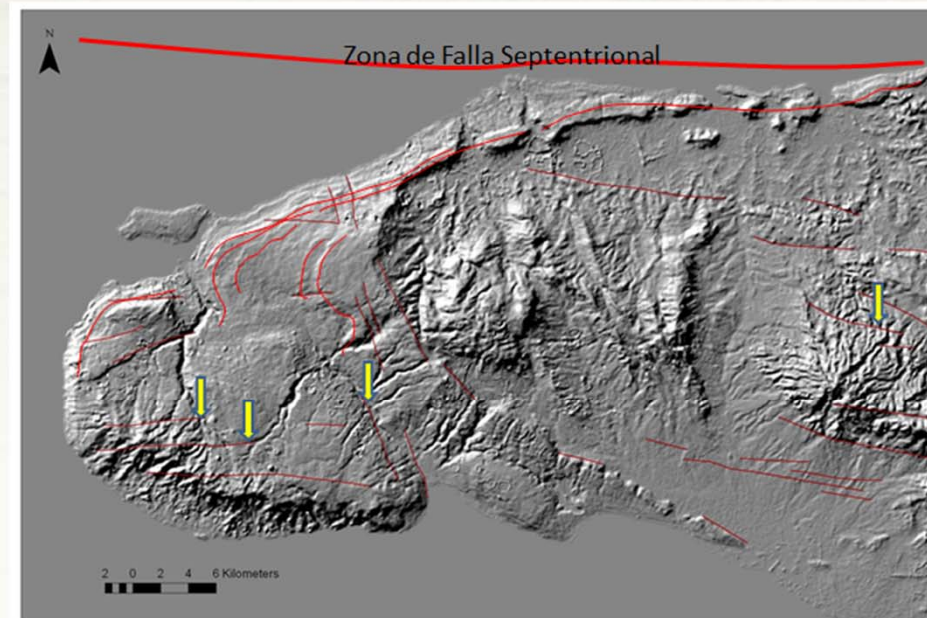
Sud: faille Enriquillo (7mm/an)
(Manaker et al., 2008)

Sud: faille Matheux-Neiba (1mm/an)

Zone de
subduction
Los Muertos

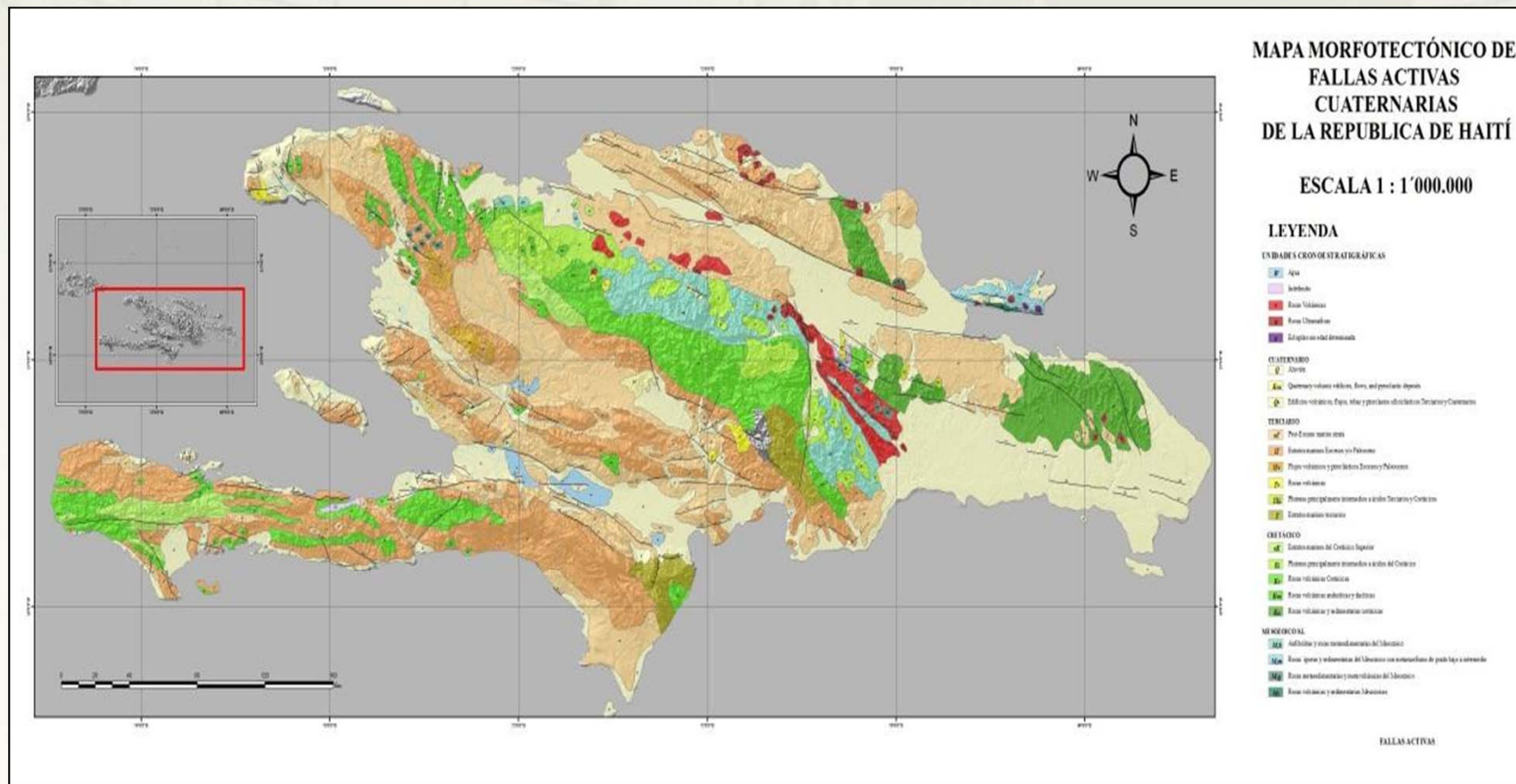
2. ANALYSE DE LA TECTONIQUE ACTIVE

- Analyse de la sismologie
- Analyse des cartographies géologiques-tectoniques précédentes
- Compilation de modèles numériques du terrain
- Analyse de la morphologie
- Analyse des caractéristiques superficielles

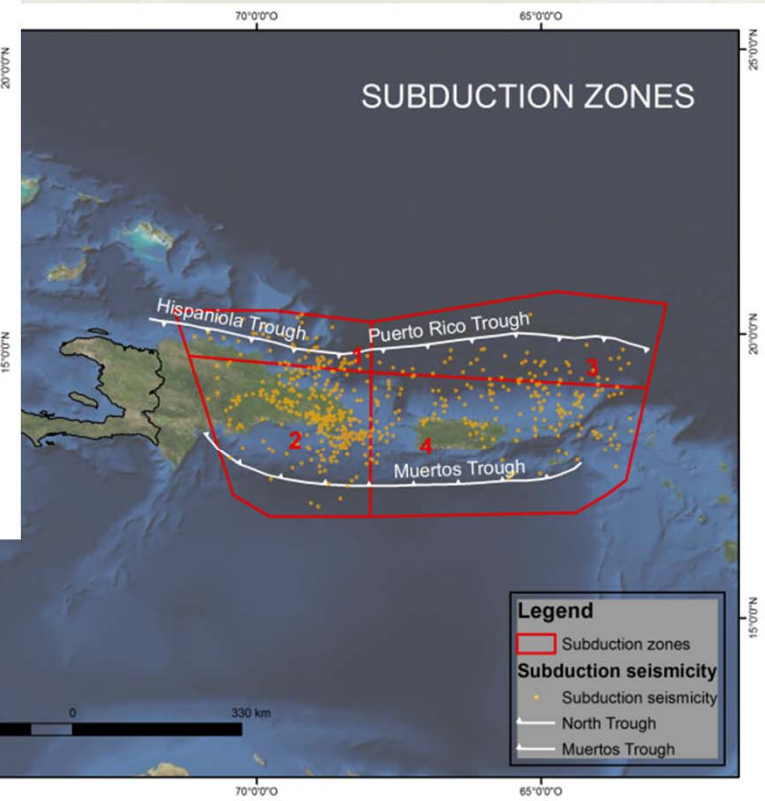
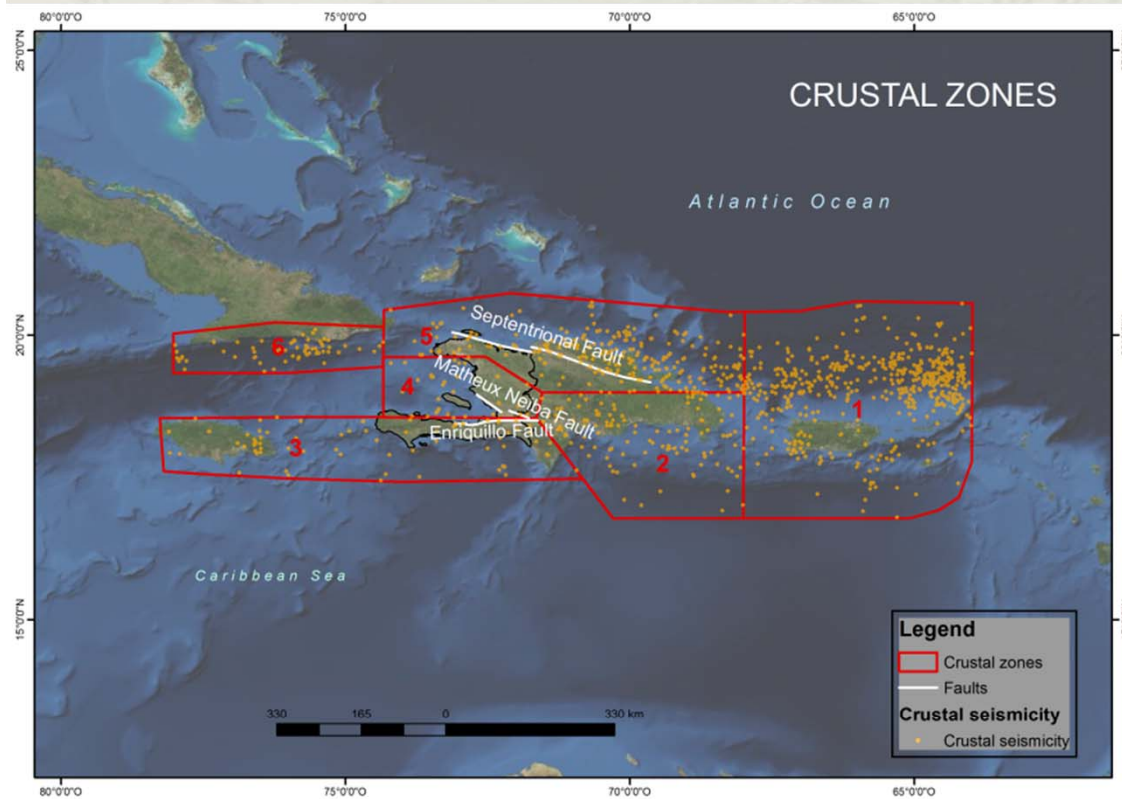


2. ANALYSE DE LA TECTONIQUE ACTIVE

Carte morphotectonique des failles actives quaternaires de l'Île d'Hispaniola

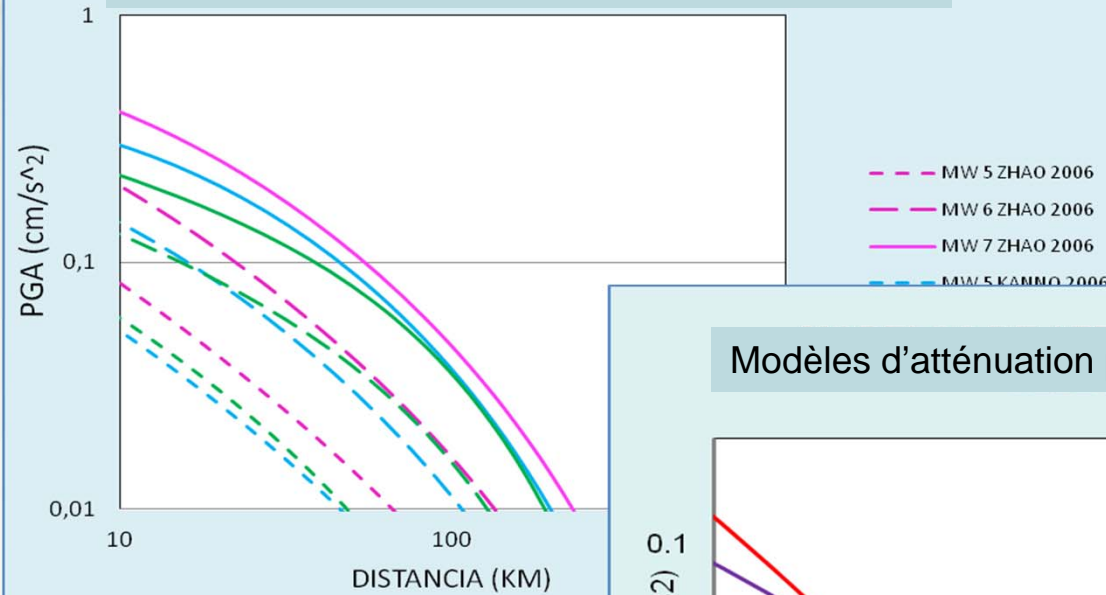


Phase 3. DEFINITION DES ZONES SISMOGENETIQUES

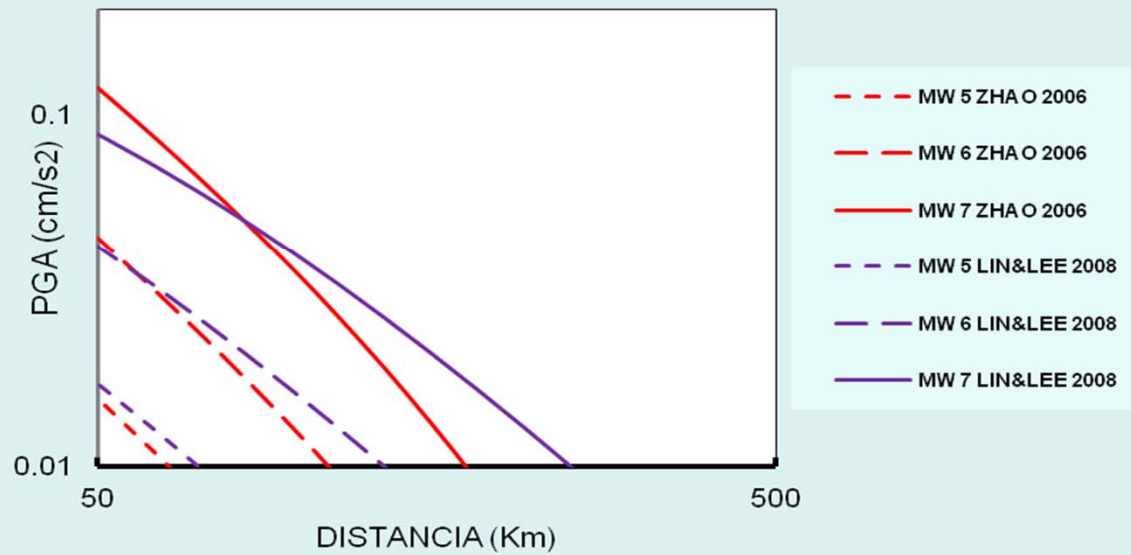


Phase 4. IDENTIFICATION DE MODÈLES D'ATÉNUATION

Modèles d'atténuation superficielle sélectionnés



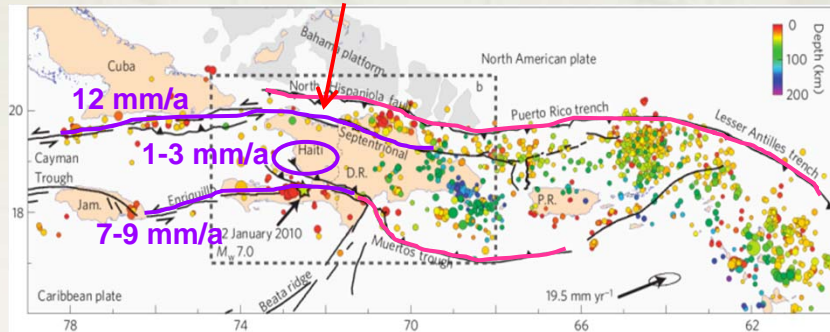
Modèles d'atténuation profonde sélectionnés



Phase 5. CALCUL DE L'ALÉA

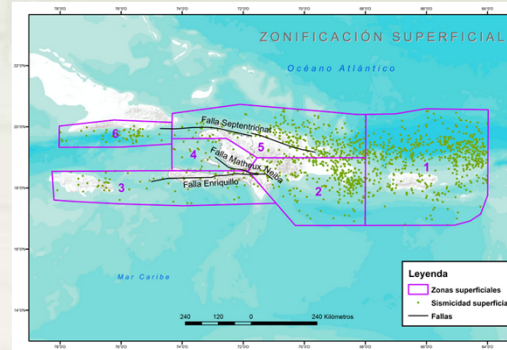
INPUT 1: Tectonique

Potentiel de risque

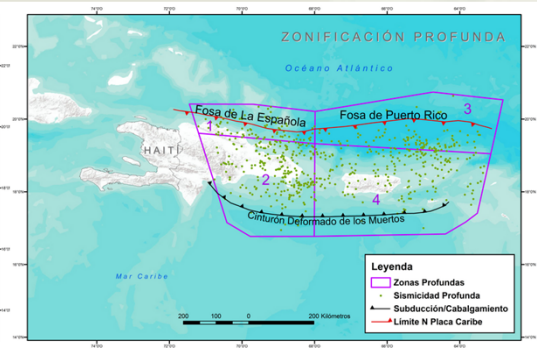


INPUT 2: Zonage

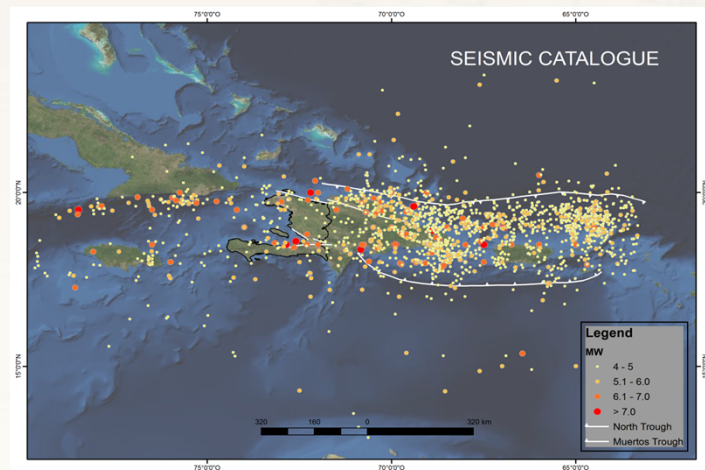
Cortical



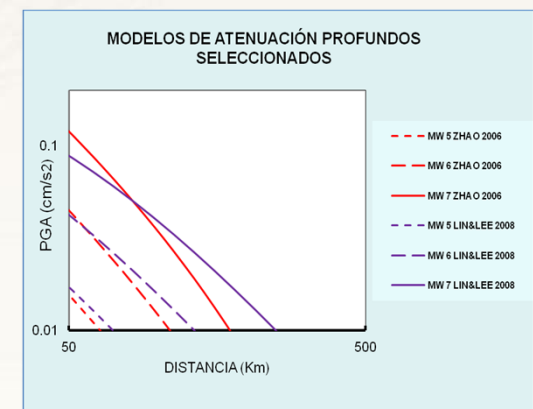
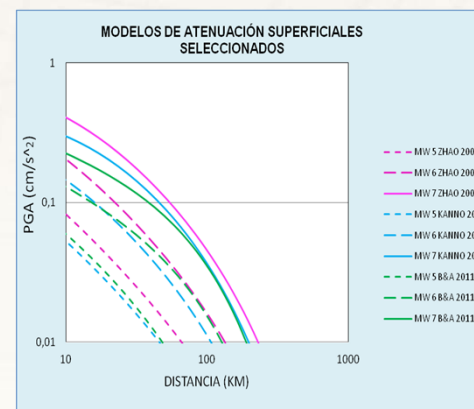
Subduction



Et catalogue

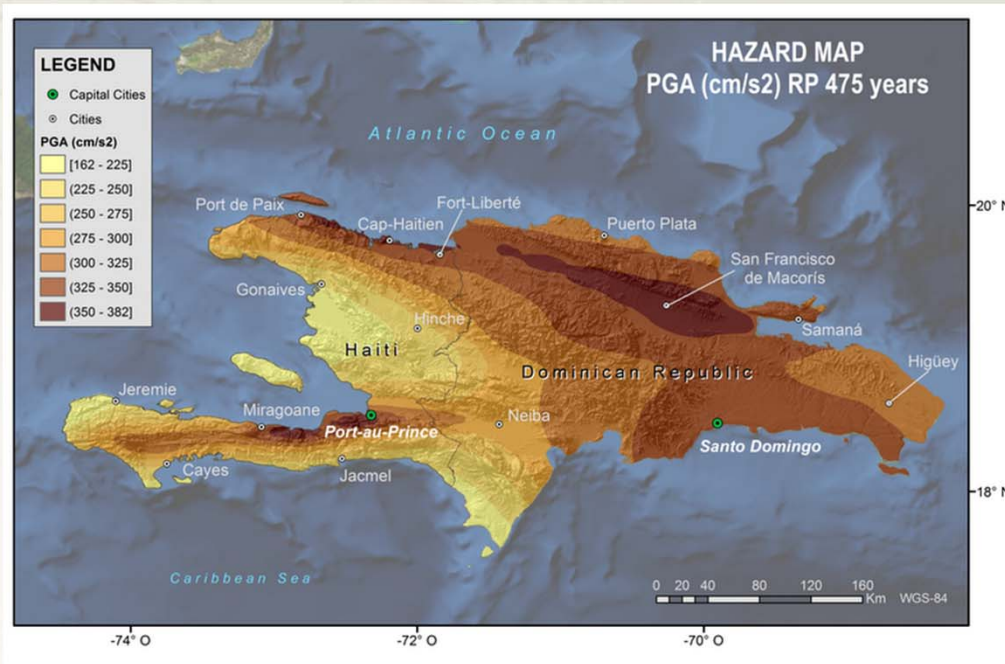


INPUT 3: Modèles d'atténuation



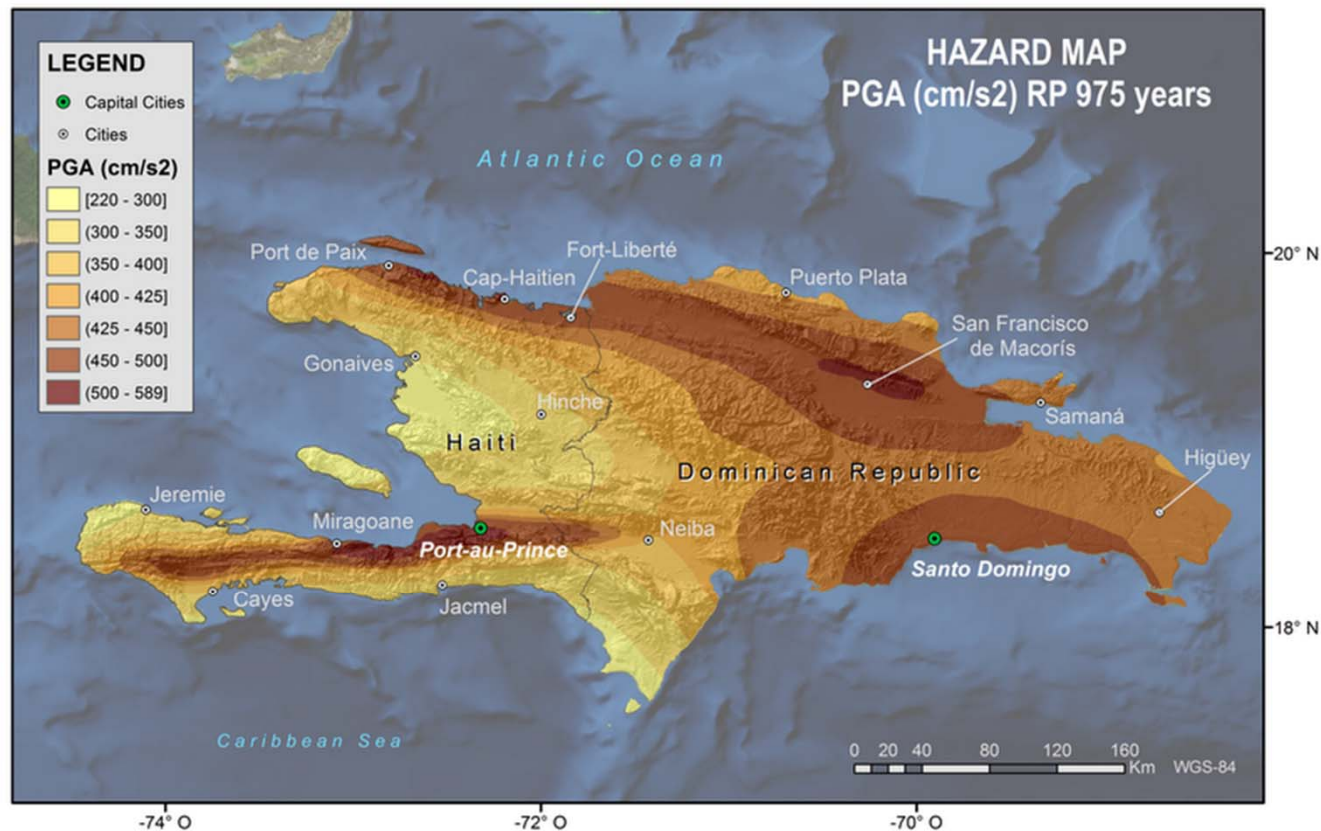
Résultats Obtenus

CARTES D'ALÉA SISMIQUE: PGA et SA(T) pour PR 475 ans
Pour calculer les spectres de UHS aux différentes villes d'Haïti



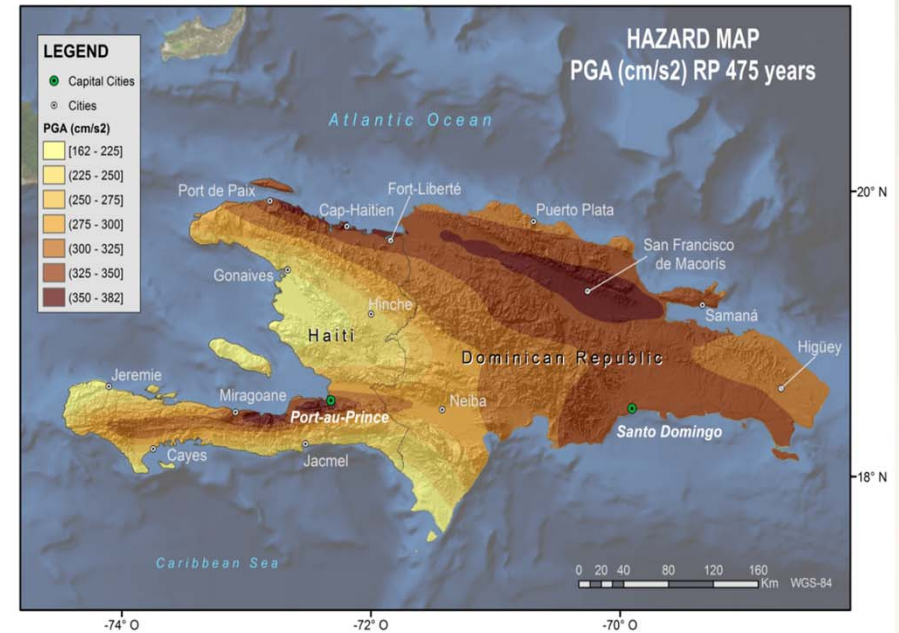
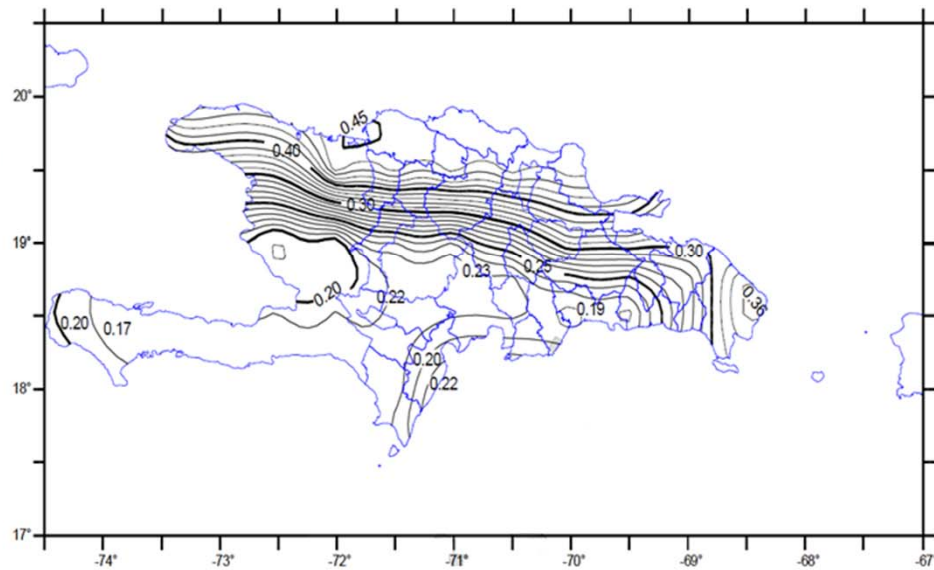
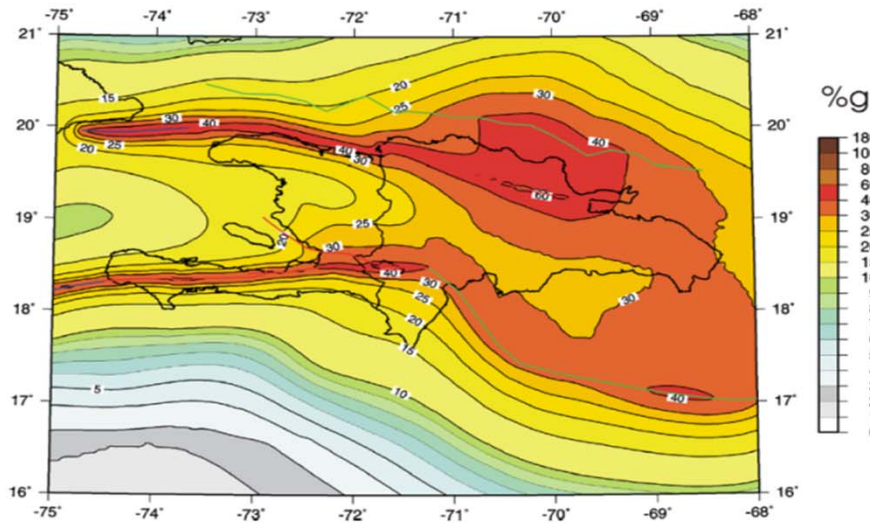
Résultats Obtenus

CARTES D'ALÉA SISMIQUE: PGA et SA(T) pour PR 975 ans
 Pour calculer le "facteur d'importance" des bâtiments essentiels



Discussion des résultats

PGA (%g) with 10% Probability of Exceedance in 50 Years



Sur le code parasismique:

1



2

Une classe de sol est attribuée en fonction de la V_s

3

Un facteur S est attribué en fonction du type de sol

Table 3.2: Values of the parameters describing the recommended Type 1 elastic response spectra

Ground type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

4

$PGA_{site} = PGA_{roche} * S$

Table 3.1: Ground types

Ground type	Description of stratigraphic profile	Parameters		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (blows/30cm)	c_u (kPa)
A	Rock or other rock-like geological formation, including at most 5 m of weaker material at the surface.	> 800	—	—
B	Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay, at least several tens of metres in thickness, characterised by a gradual increase of mechanical properties with depth.	360 – 800	> 50	> 250
C	Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay with thickness from several tens to many hundreds of metres.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (with or without some soft cohesive layers), or of predominantly soft-to-firm cohesive soil.	< 180	< 15	< 70
E	A soil profile consisting of a surface alluvium layer with v_s values of type C or D and thickness varying between about 5 m and 20 m, underlain by stiffer material with $v_s > 800$ m/s.			
S_1	Deposits consisting, or containing a layer at least 10 m thick, of soft clays/silts with a high plasticity index ($PI > 40$) and high water content	< 100 (indicative)	—	10 - 20
S_2	Deposits of liquefiable soils, of sensitive clays, or any other soil profile not included in types A – E or S_1			

Partie II: MICROZONAGE

Estimation de l'effet local

Amplification du mouvement due à la
composition géologique du sol

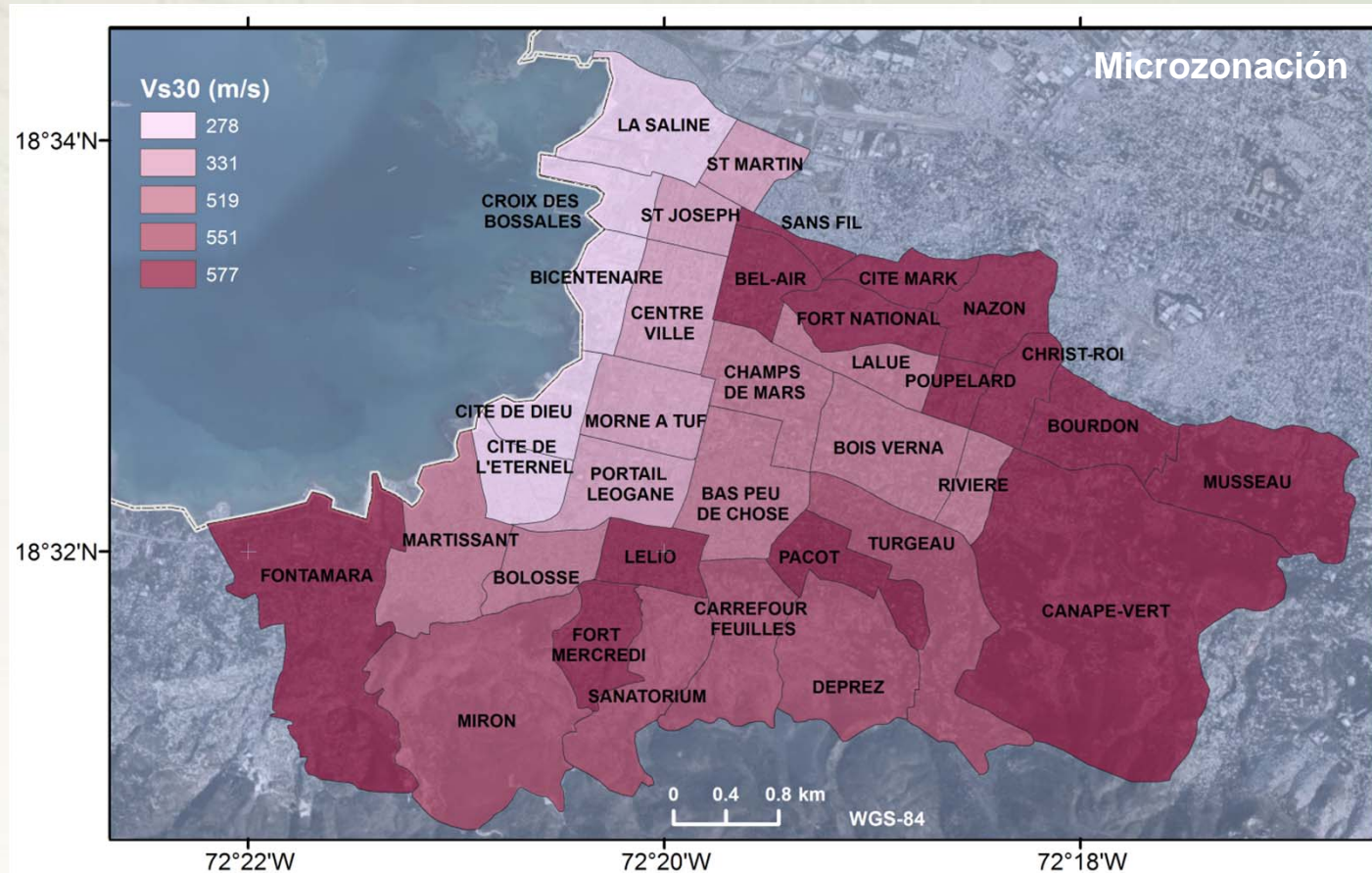
Première campagne de mesure. Visite à Port au Prince, June 2011



UPM
UAL
UA
U. Kanagawa

Résultats Obtenus

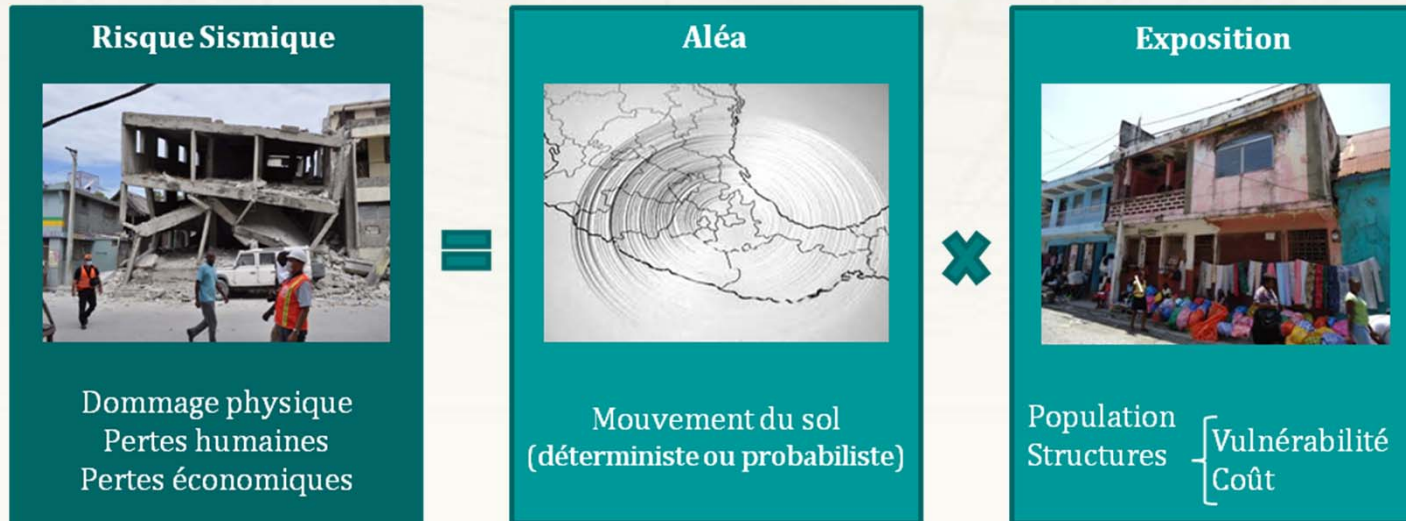
MICROZONAGE de Port-au-Prince:



1. Identification du type de sol dans certaines communes de Port-au-Prince.
2. Estimation des facteurs d'amplification dans chaque zone (administrative)

Partie III: ÉTUDE DU RISQUE SISMIQUE

À Port-au-Prince pour des séismes (probables) futurs



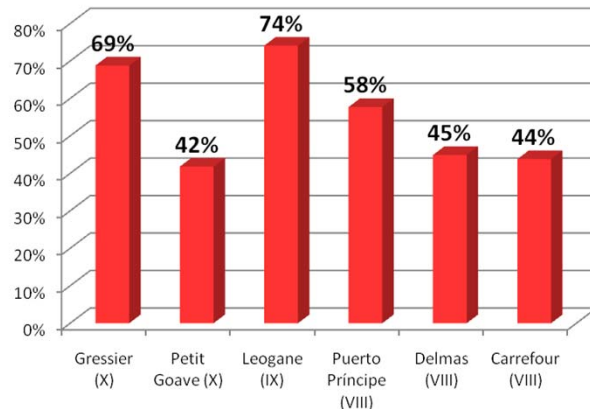
Antécédents

Étude des dommages

1. Analyse des informations et bases de données sur les graves dommages, spécialement des effondrements, des bâtiments et ses causes
2. Identification des typologies de construction prédominantes à Port-au-Prince et des pratiques de construction en milieux locaux

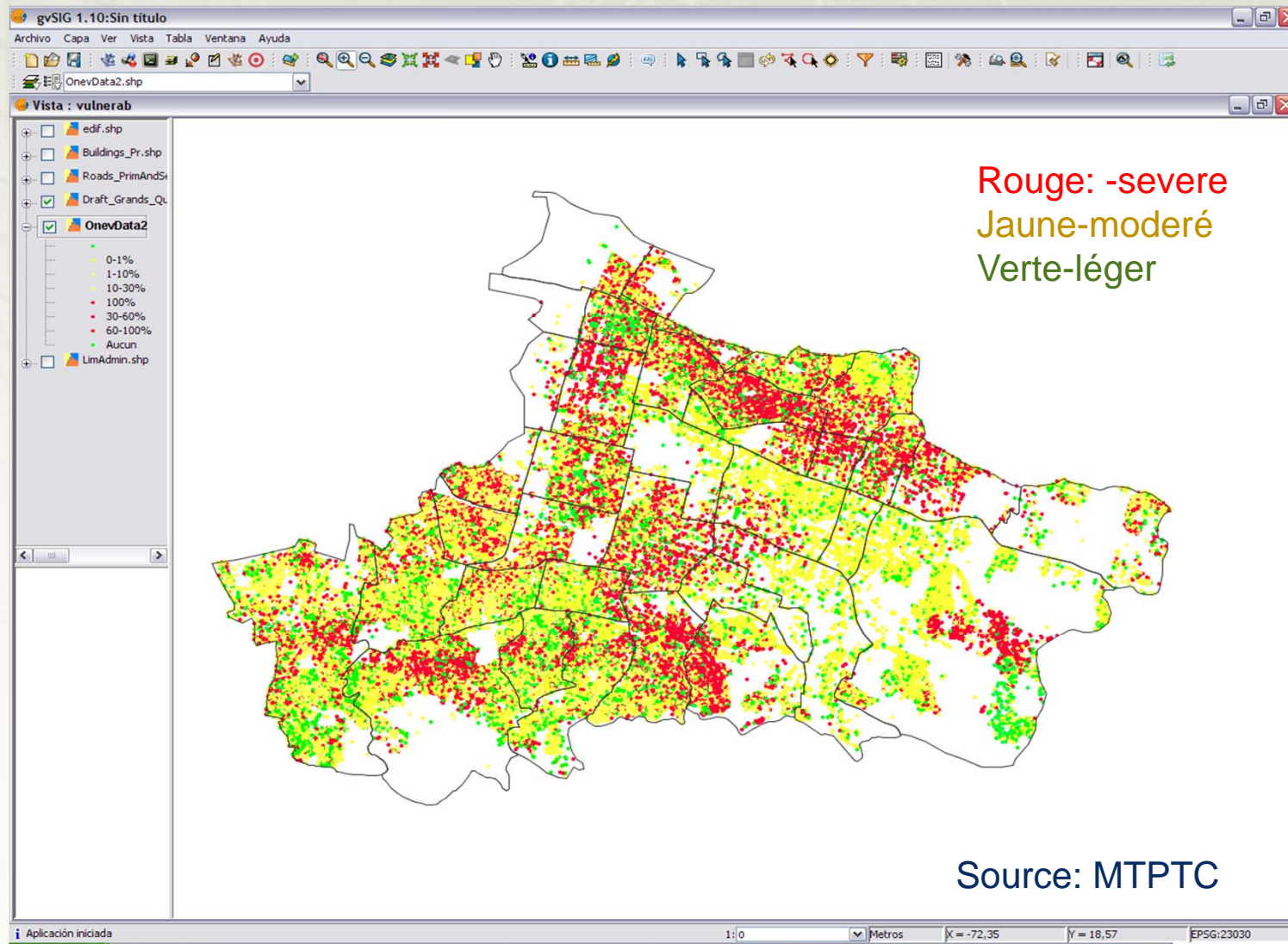


% Daño severo



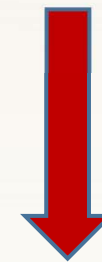
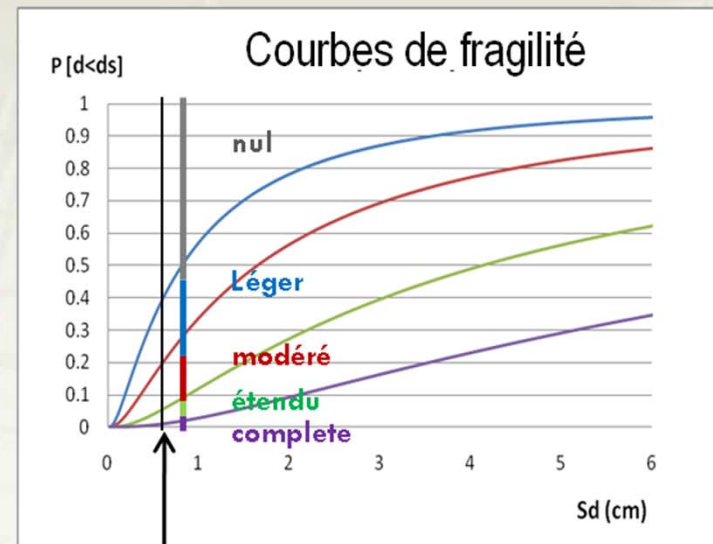
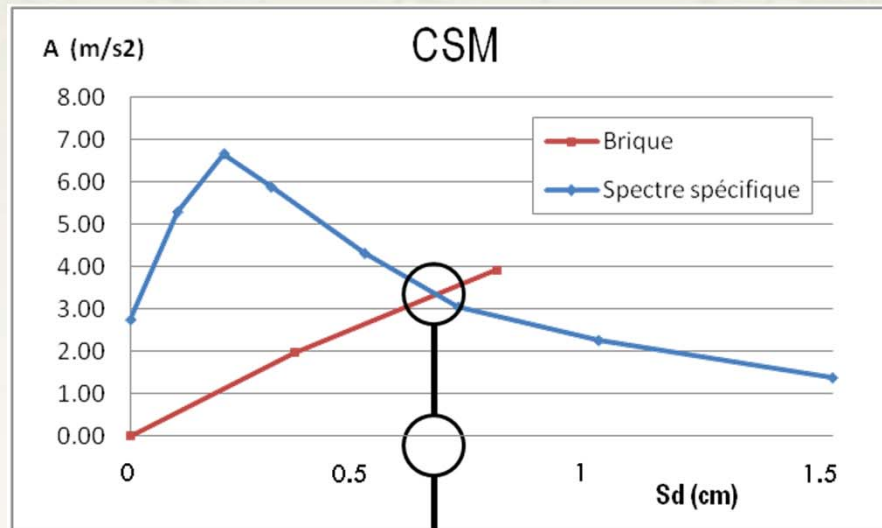
Antécédents

Distribution des Dommages causés par le séisme du 12 Jan



Méthodologie

CALCUL DU RISQUE SELON LA MÉTHODOLOGIE ANALYTIQUE: CSM

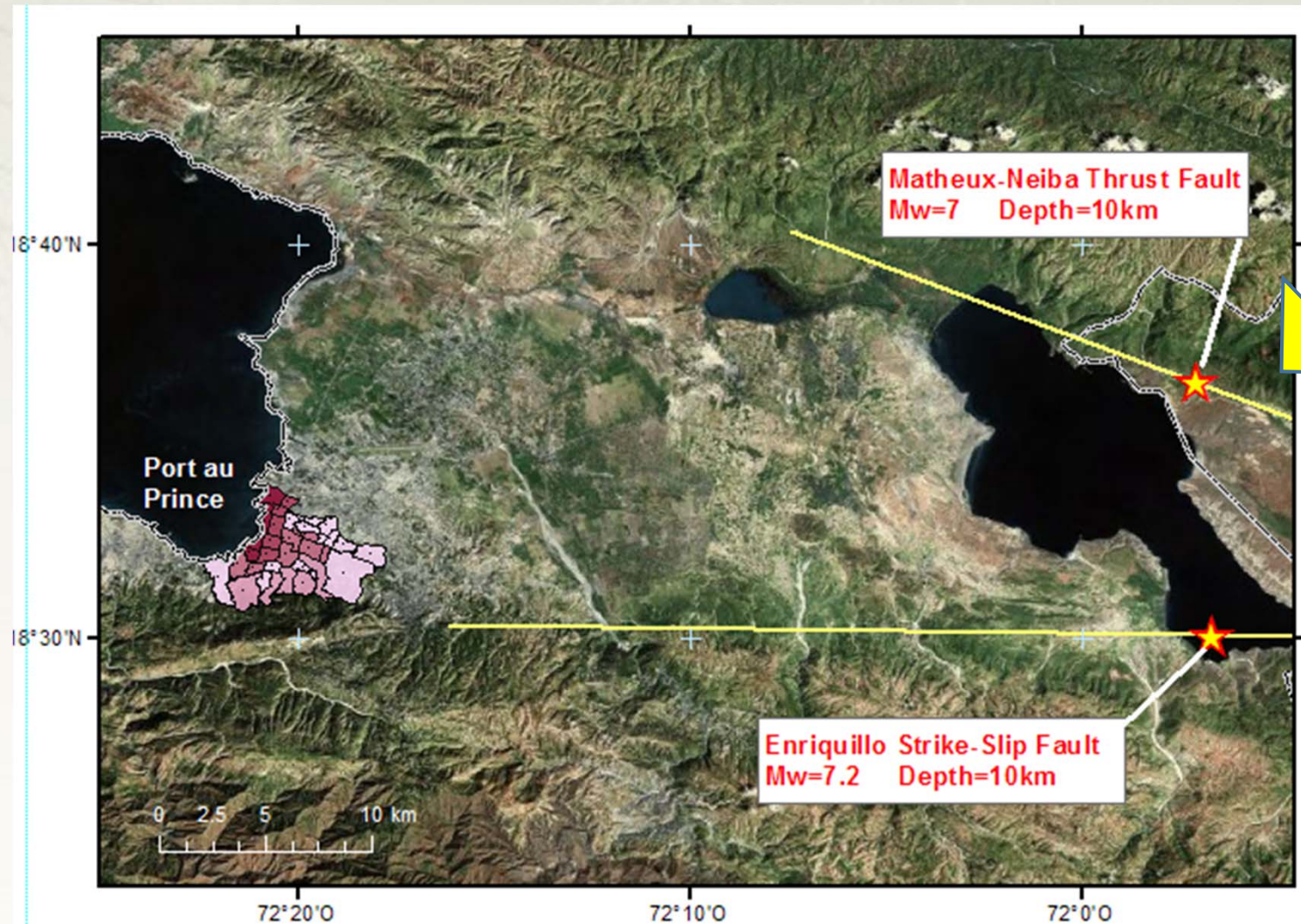


Probabilité de qu'un type de bâtiment atteigne chaque niveau de dommage



Phase 1. SCENARIOS SISMIQUES PROBABLES

Scénarios sismiques définis



Phase 2. ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ

Reconnaissance de la typologie des constructions

Exemples des types de construction



WD.UR



URC



CW



WW

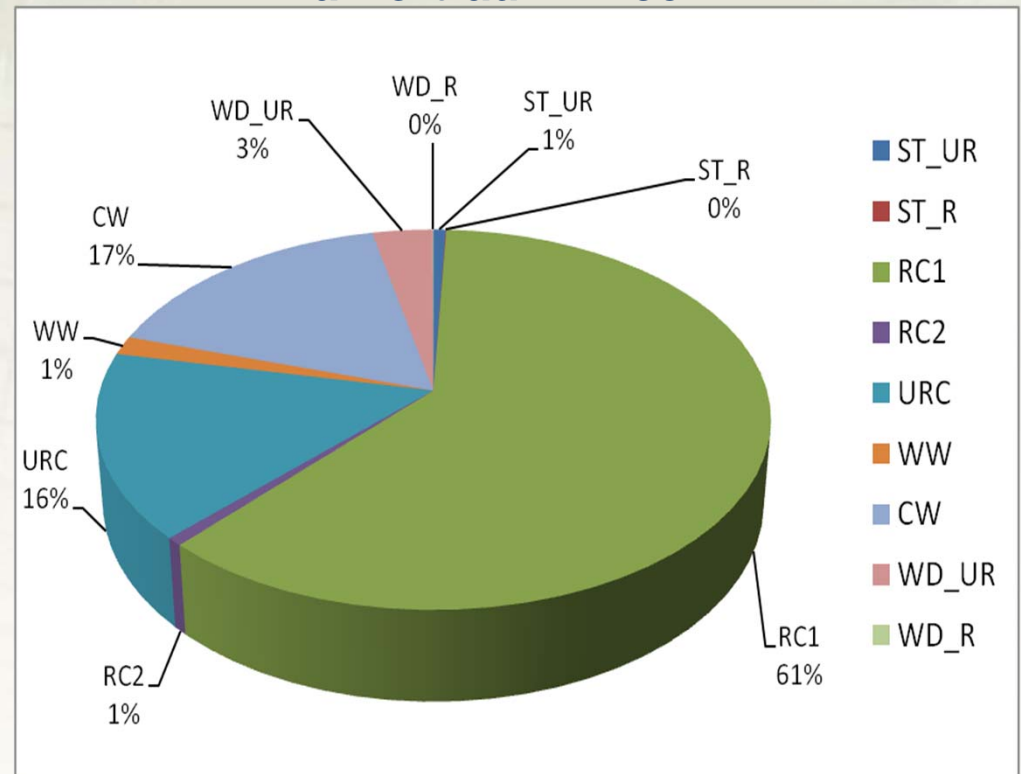


WD.R



RC1

Distribution des typologies à Port-au-Prince



Prédominances:

RC1 (structure en béton armé)
URC (structure en maçonnerie)
CW (murs en bloc de ciment)

Phase 2. ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ

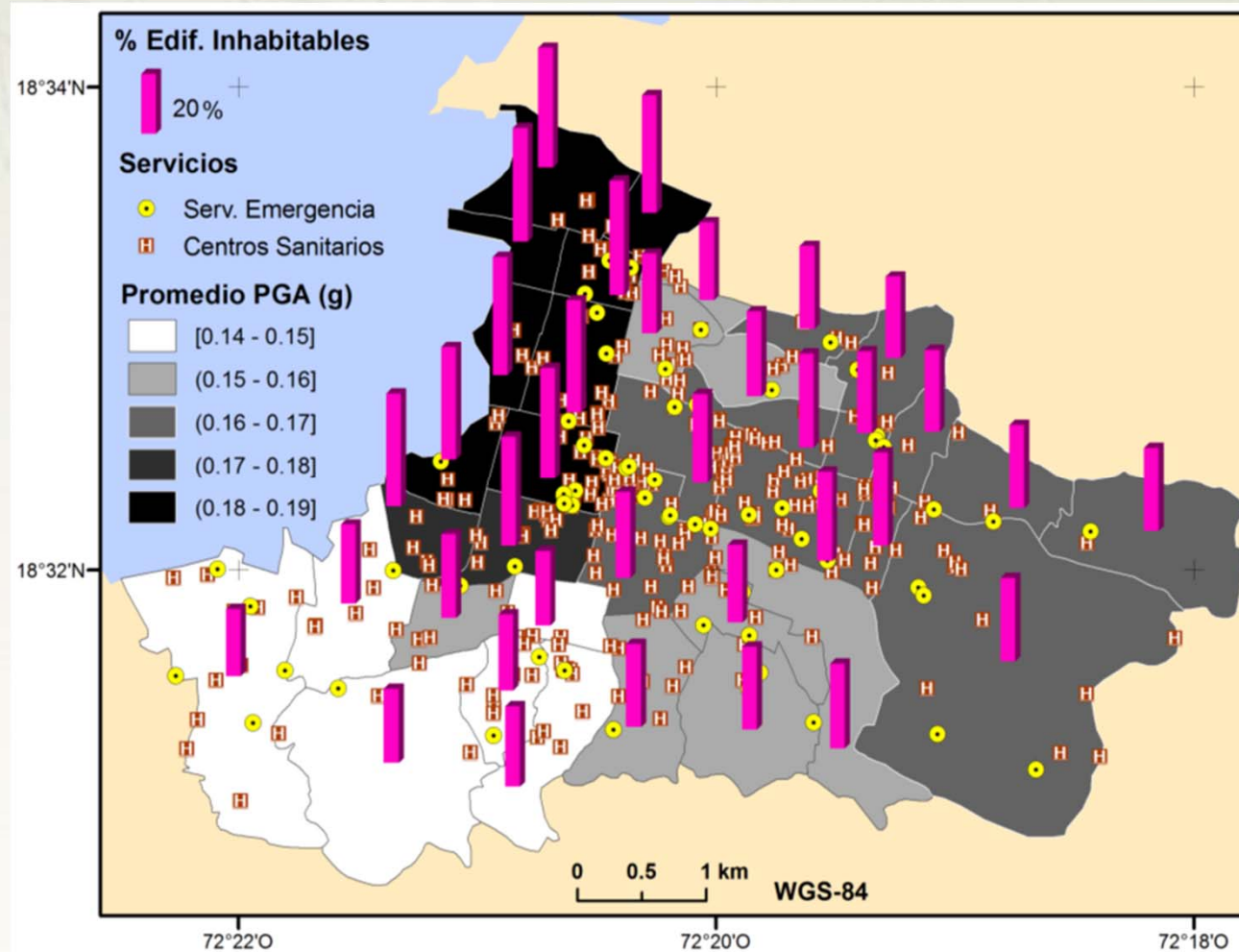
Reconnaissance de la typologie des constructions

Carte de distribution des typologies à Port-au-Prince



Résultats Obtenus

Résultats du risque et dommages espérés



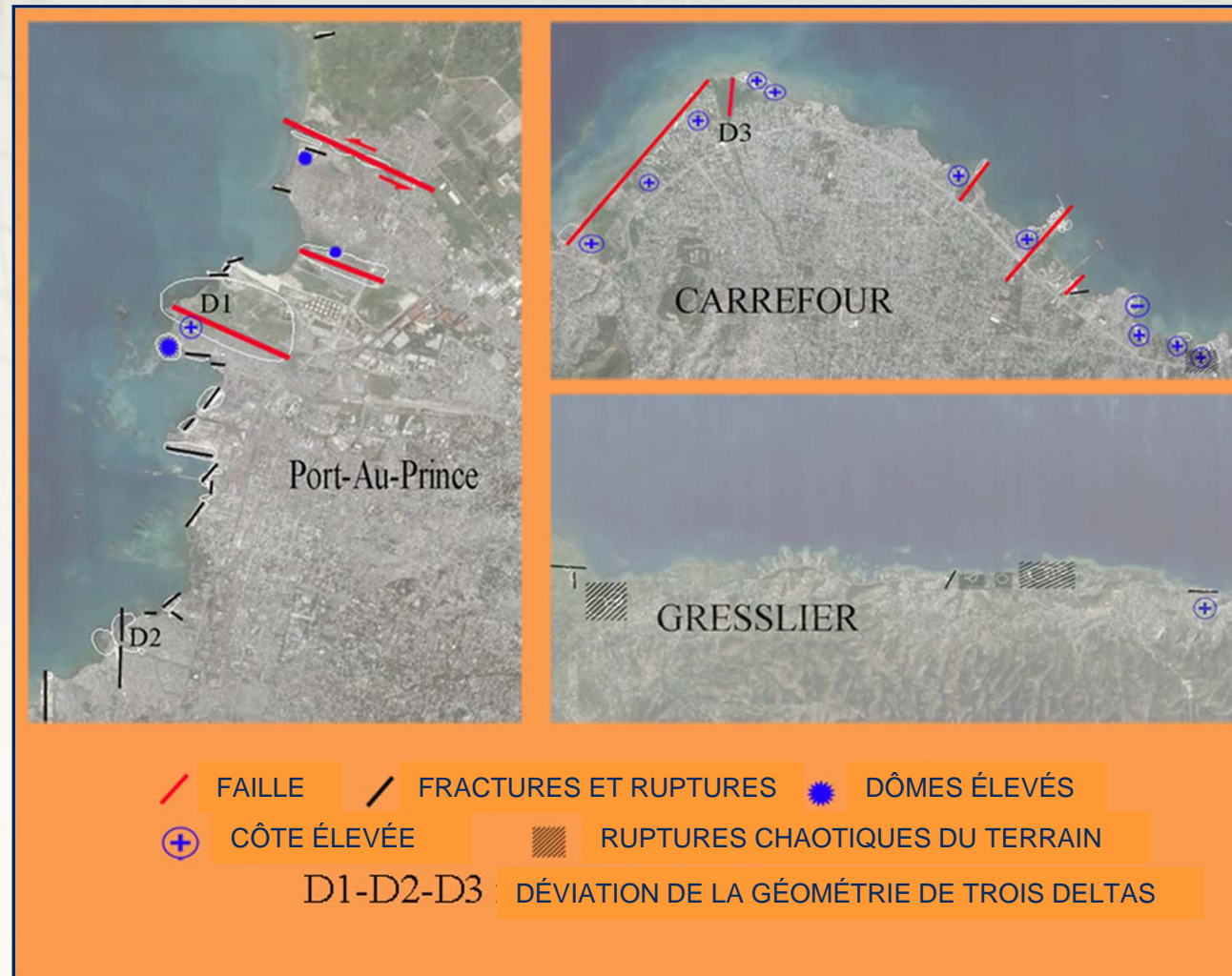
- Mouvement du sol avec effet local dominant les effets de distance.
- Bâtiments inhabitables 30-50 %
- Recommandations:
- Systèmes de santé et d'urgence devraient être renforcés aux districts sous-équipés
- ...

RÉSULTATS ADDITIONNAUX DES ÉTUDES RÉALISÉS:

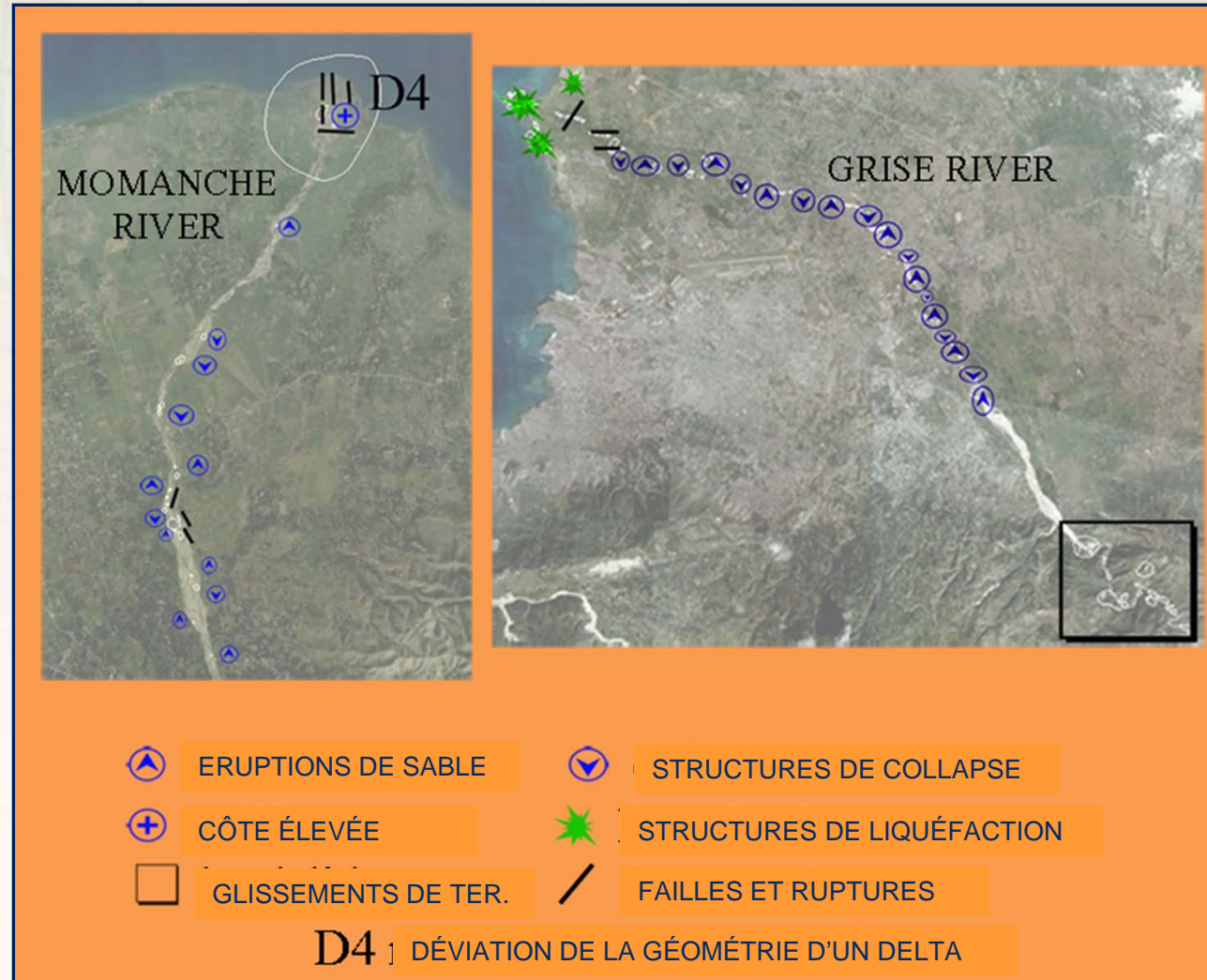
Étude des effets sismogéologiques

- Glissements du terrain
- Failles et fractures
- Liquefaction
- Élévation côtière

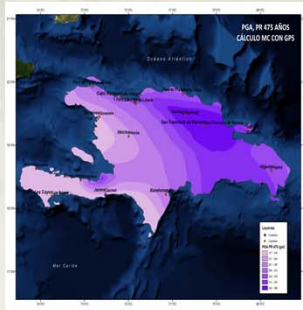
Déformations géologiques produites par le séisme à Port-au-Prince, Carrefour & Gresslier



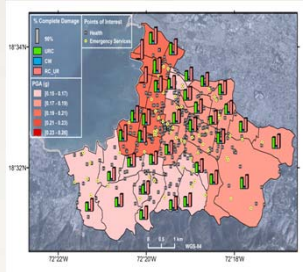
Déformations géologiques produites par le séisme le long des rivières Momanche et Grise



APPLICATION FINALE DES RÉSULTATS

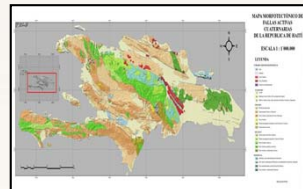


Données pour l'Implementation d'une norme de construction parasismique de la République d'Haïti



Réduction de la vulnérabilité sismique

Définition des plans de contingence



Carte géologique (types de sols et failles actives) de synthèse

Définition des scénarios sismiques



Données utiles dans l'Aménagement du territoire

ACTIONS DE CAPACITATION

- **Deux bourses pour la réalisation de deux Masters**
 - **Génie parasismique à l'Université Polytechnique de Madrid :**
 - **Gaspard Pierristal:**
TFM: Réccomendations dirigées vers la réglementation parasismique d'Haïti.
 - **Cartographie et Géodesie à l'Université Polytechnique de Madrid**
 - **Haendel Doerfeuille:**
TFM orienté à la création d'une Infrastructure de Données Spatiales pour la gestion des risques (en cours)
- **Séminaire de capacitation à Port-au -Prince en Sismologie et Génie Parasismique (dans le cadre de la suite du projet au projet SISMO-HAITI II commencé au 2012)**

ACTIONS DE CAPACITATION

<http://proyectos.topografia.upm.es/cursosismohaiti/>



Cours de Sismologie et Génie Parasismique

Port-au-Prince, de 19 à 22 – Novembre - 2012



INICIO

OBJETIVOS Y PLANIFICACIÓN

MÓDULOS DOCENTES

PARTICIPANTES



M-1: Geología y Sismología

M-2: Peligrosidad Sísmica

M-3: Vulnerabilidad y Riesgo

M-4: Construcción Sismorresistente









ACTIONS DE DIFFUSION

- **Publications**

- **Aplicaciones SIG en riesgos naturales: Cálculo del riesgo sísmico de Puerto Príncipe (Haití). Y. Torres, S. Molina, B. Benito.**
- ...

- **Congrès et Réunions**

- **33ème Assemblée Générale de la Commission Sismologique Européenne (Août 2012) Moscou**
- **Assemblée Hispano-Portugaise de Géodésie et Géophysique (Juin 2012) San Sébastien**
- ...

- **Travaux de fin d'études**

- **Projet de Fin de Master: Recommandations dirigées à la réglementation parasismique d'Haïti. Gaspard Pierristal**
- ...

SUITE DU PROJET

UPM: SISMO-HAITI II: RÉDUCTION DE LA VULNERABILITÉ DES STRUCTURES ET AMÉLIORATION DE L'HABITABILITÉ DES BÂTIMENTS EN HAÏTI

- Proposer des mesures de renforcement des structures
- Réduire la vulnérabilité sociale moyennant des campagnes de sensibilisation dirigées à la population haïtienne et aux responsables de la prévention des catastrophes et de la gestion d'urgence.
- Formation en génie parasismique et construction parasismique.
- Reproduire l'étude de vulnérabilité à Cap Haïtien.

FORMATION





SISMO-HAÏTI

Merci de votre attention

